

**SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS POR
COMPRESIÓN**



JUAN LUIS JESÚS PÉREZ OSPINA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

Director:

ADRIANA GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

BOGOTÁ, 13/DICIEMBRE/2019

SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS POR COMPRESIÓN

MECHATRONIC SYSTEM FOR OBTAINING COMPOSITE MATERIALS USING COMPRESSION

Juan Luis Jesús Pérez Ospina
Estudiante
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia
u1802649@unimilitar.edu.co

Adriana Gutiérrez Rodríguez
Física, Doctora en Ciencias Física, Directora Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias
Básicas y Aplicadas
Universidad Militar Nueva Granada
Cajicá, Colombia
adriana.gutierrezr@unimilitar.edu.co

RESUMEN

En el proceso de obtención de materiales compuestos por compresión, se tiene un molde en el cual se ubica la matriz y las inclusiones, para posteriormente aplicar presión por un tiempo de curado determinado, finalmente se extrae la muestra ya solidificada, esto puede presentar el problema de que se realiza una muestra a la vez, y al momento de obtener otra muestra, ciertas variables como temperatura, humedad relativa, tiempo de curado, presión u otras, no se mantienen constantes, causando cierta incertidumbre a la hora de caracterizar el parámetro que se varió entre muestras.

El presente trabajo está enfocado a la implementación de un sistema mecatrónico que realiza el control de presión correspondiente en una plantilla que contiene las muestras a fabricar, de esta forma cada muestra se realiza bajo las mismas condiciones experimentales, parametrizando las variables de estudio, como las relaciones de cantidad entre los componentes.

Palabras clave: actuación; caracterización; control; diseño; implementación; microcontrolador; materiales; compuestos

ABSTRACT

The process of obtaining composite materials using compression relies on a mold on which the matrix and inclusions are placed, after this, pressure is applied to the mold during a specified curing time, finally the solidified sample is extracted from the mold. This protocol presents the issue of producing one sample at the time, when a second sample is desired to analyze the variation of a parameter, certain environmental variables, e.g.: Temperature, relative humidity, curing time, among others; have changed, introducing uncertainty when characterizing the parameter that was varied on the samples.

The present work is focused on the implementation of a mechatronic system that exerts a pressure control on a mold containing several samples to process, thus allowing each sample to be processed under the same experimental conditions, parameterizing the pertinent study variables, such as the ratio between the used components.

Keywords: action, characterization, control, design, implementation, microcontroller; composite; materials

INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos se caracterizan por ser dos o más materiales que se combinan en una escala macroscópica, formando otro material con utilidades nuevas o mejoradas. La principal diferencia de este tipo de materiales a los que resultan, por ejemplo, de una aleación, es una diferenciación macroscópica de sus componentes, implicando que se pueden separar a simple vista. Estos materiales suelen ser ventajosos en la medida que según su diseño pueden manifestar las mejores características de cada uno de sus componentes, o características que ningún componente posee por sí solo. [1]

Para caracterizar diferentes propiedades de los materiales compuestos es imperativo variar un parámetro mientras se mantiene el resto de las condiciones estables; teniendo en cuenta esto, se observa la necesidad de realizar un sistema de fabricación de materiales compuestos que permita obtener varias muestras simultáneamente, manteniendo así las condiciones experimentales constantes entre cada muestra, permitiendo la reproducibilidad de éstas.

En el semillero Thermoelectronics de la Universidad Militar Nueva Granada se desea realizar la caracterización de algunas propiedades de varias clases de materiales compuestos, por lo que se presentó la necesidad de desarrollar el mecanismo mencionado anteriormente, el cual permite la fabricación de varias muestras de forma simultánea, para estudiar la parametrización de variables junto a una muestra control, producidas bajo las mismas condiciones experimentales.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema implementado cuenta con un sistema de alimentación, de control y de actuación:

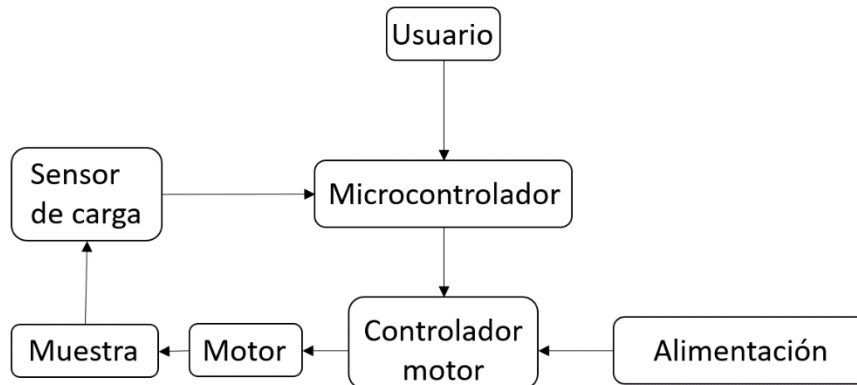


Fig. 1. Diagrama del sistema.

Como se muestra en la figura 1, el usuario por medio del microcontrolador realiza la manipulación del actuador de forma que éste entre en contacto y realice presión a la plantilla que contiene las muestras, sensores ubicados debajo de la plantilla reportan la carga mecánica que esté soportando ésta, conociendo las características de la plantilla, específicamente el área superficial de cada muestra, se realiza la aproximación de la presión efectiva ejercida sobre cada muestra por la carga total.

Inicialmente se decidió usar un actuador lineal, dicho actuador permite realizar fuerzas hasta de 750N, y dependiendo de su uso permite un ciclo útil del 100%, la característica más importante del motor es que aún desconectado de la alimentación, este mantiene su posición con 1.5 veces la fuerza que realiza en su operación de movimiento, esto quiere decir que el motor puede llegar a realizar presiones en el orden de los mega Pascales a las muestras, y mantener dicha presión por horas, aun desconectando el dispositivo.

Posteriormente el diseño de la estructura estuvo centrado en la capacidad de disipar la carga generada por el motor, por lo que se usó metal galvanizado para el soporte principal, de esta forma se aseguró que la carga no sea capaz de deformar este soporte, posteriormente, el soporte principal llega a un soporte horizontal donde también se dispone la plantilla de las muestras, en este punto, se encuentran fijados con un perno que también es capaz de disipar la carga.

Las celdas de carga son sensores que en una estructura metálica albergan resistencias ubicadas de forma diferente, estas celdas en específico poseen un divisor de voltaje en su interior, de forma que una de las resistencias va a variar con la flexión del metal bajo una carga, resultando así en que para una carga definida resultará un valor de voltaje definido a la salida. Por su geometría y funcionamiento, se implementaron 4 celdas de carga, estas cuatro celdas se conectan en una estructura tipo puente de Wheatstone, donde se mantiene su principio de funcionamiento; el circuito resultante se conecta al integrado HX711,

el cual es un ADC de 24 bits, este integrado está fabricado específicamente para la aplicación de estas 4 celdas de carga, y permite una lectura por medio de comunicación I2C con el microcontrolador.

Para la alimentación y control se implementó una fuente de voltaje DC constante a 24V de 144W, y un driver de control de motores de 1KW, esto debido a las corrientes de funcionamiento del motor, pues dependiendo del uso y del voltaje de alimentación puede expresar una corriente nominal de funcionamiento de 6A, la selección de módulos sobredimensionados para este motor se dio teniendo en cuenta las corrientes pico que expresan estos motores al iniciar movimiento. El driver de control de motor permite ser usado por medio de señales PWM, posee los habilitadores correspondientes para cada canal y la alimentación correspondiente.

Para la plantilla se priorizo la repetitividad, de forma que se pueden realizar en simultaneo 10 muestras, las cuales se pueden repartir entre muestras de control y muestras en las que se varió algún parámetro, como por ejemplo la concentración en peso del aditivo sobre la matriz. En esta plantilla se tienen 10 orificios de 8mm de diámetro, que permite verter las soluciones en su interior para que sean comprimidas por el “positivo” de la plantilla, el cual, en lugar de tener orificios, tiene extrusiones que se acoplan a los orificios permitiendo una compresión aceptable de las muestras.

El microcontrolador usado es un Arduino Uno, la selección se da principalmente por su bajo costo, y su fácil manejo, lo que permite que un estudiante nuevo en el semillero de investigación al que pertenece el sistema pueda hacer uso de este y modificarlo sin mayor dificultad, aun en etapas tempranas de la carrera.

El Arduino Uno, es suficiente a la hora de realizar la tarea para la que es necesario, pues cuenta con salidas PWM, puerto serial y una librería específica para el módulo HX711, que permite su comunicación por un par de pines definidos en la tarjeta, todo esto se integra bajo el marco de un sistema de temporización basado en interrupciones internas que es aceptable a la hora de realizar este trabajo, y en el cual se pueden integrar estrategias de control discreto aprendidas en la carrera.

Finalmente se realizaron pruebas con muestras en una matriz de resina epóxica (LiderEpoxi®) con aditivo de polvo de grafito, para estas muestras se realizaron diferentes pruebas, en las cuales se realizaron muestras de control y muestras con cierta concentración del grafito bajo diferentes condiciones de presión y tiempo de curado, en las pruebas realizadas se usaron presiones en el rango de 400kPa a 1.2Mpa, en rangos de tiempo de 15 minutos a 60 minutos.

2. RESULTADOS

Se implementó el siguiente sistema, el cual consta de un actuador electromecánico, sensores de carga mecánica, microcontrolador y estructura:

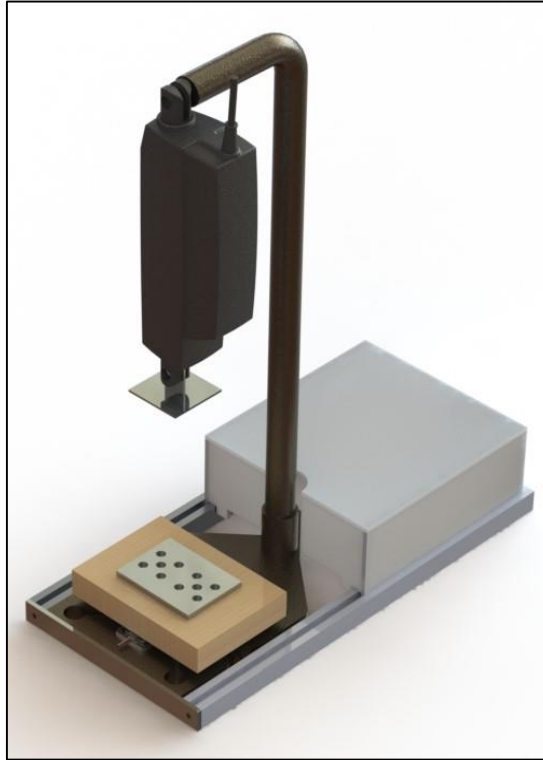


Fig. 2. Sistema implementado.

Con este sistema se obtuvieron las siguientes muestras:

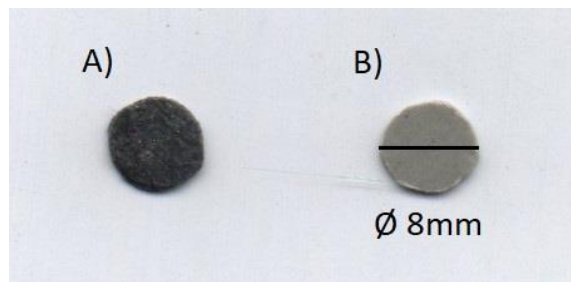


Fig. 3. Muestras obtenidas con el sistema mecatrónico implementado

Donde se realizó la parametrización del porcentaje en peso de las inclusiones, para la muestra A, se tiene una muestra de resina epóxica con inclusiones de grafito al 2.5% en peso, para la muestra B, se tiene la muestra de control. Ambas realizadas durante el mismo proceso, manteniendo las condiciones experimentales: presión de 660 kPa, y tiempo de compresión de 60 minutos

3. CONCLUSIONES

Como conclusiones al siguiente trabajo, se presenta que el sistema realiza aceptablemente los objetivos bajo los cuales se diseñó; sin embargo, es susceptible a mejoras mecánicas, en cuanto al acople de los soportes y la forma de sujetar el motor, pues la forma actual genera momentos de torsión no deseados en dicho acople; también se encuentra la posibilidad de realizar mejoras a la plantilla implementada, pues el limitado tamaño de los orificios para las muestras dificulta su uso, se propone a futuro realizar el cambio en el diseño de forma que estos orificios aumenten en diámetro, pero también teniendo en cuenta que esto disminuye la presión efectiva realizada en cada muestra para la misma fuerza del actuador.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) mediante el proyecto PIC-CIAS 2902. Los autores expresan su agradecimiento al Laboratorio NanoFab del Departamento de Física de la UMNG y al semillero THERMOELECTRONICS liderado por la Prof. Adriana Gutiérrez Rodríguez, Ph. D.

REFERENCIAS

- [1]. Jones, R. M. (2006). Mechanics of composite materials. New York: Taylor & Francis.
- [2]. Kc, B., Pervaiz, M., Faruk, O., Tjong, J., & Sain, M. (2015). Green Composite Manufacturing via Compression Molding and Thermoforming. Manufacturing of Natural Fibre Reinforced Polymer Composites,45-63. doi:10.1007/978-3-319-07944-8_3
- [3]. Han, Zhidong, and Alberto Fina. "Thermal Conductivity of Carbon Nanotubes and Their Polymer Nanocomposites: A Review." Progress in Polymer Science 36.7 (2011): 914-44. Web.
- [4]. Estevam, G. P., & Sakamoto, W. K. (2007). "Preparation and characterization of PTCA/Peek pyroelectric composite for temperature sensing", Materials Science: an Indian Journal 3, 9.
- [5]. Wang, Dan Yang, Kun Li, and Helen Lai Wa Chan. "High Frequency 1-3 Composite Transducer Fabricated Using Sol-gel Derived Lead-free BNBT Fibers." Sensors and Actuators A: Physical 114.1 (2004): 1-6. Web.
- [6]. Sakamoto, W. K., Giuliano Pierre Estevam, Aparecido Augusto De Carvalho, Wesley Pontes, and M. H. De Paula. "Ferroelectric Ceramic/polymer Composite for Measuring X-ray Intensity in the Ortooltage Range." 2007 Sixteenth IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics (2007). Web.

- [7]. Bhadrakumari, S., and P. Predeep. "YBa₂Cu₃O_{7-x}/Thermoplastic Polymer Composite Thermistors." *European Polymer Journal* 45.1 (2009): 226-29. Web.
- [8]. King, Julia A., Kenneth W. Tucker, Bryan D. Vogt, Erik H. Weber, and Congling Quan. "Electrically and Thermally Conductive Nylon 6,6." *Polymer Composites Polym. Compos.* 20.5 (1999): 643-54. Web.
- [9]. Lee, J. Y. (2013). Electrically Conducting Polymer-Based Nanofibrous Scaffolds for Tissue Engineering Applications. *Polymer Reviews*, 53(3), 443-459. doi:10.1080/15583724.2013.806544
- [10]. Zhang, J., Liu, J., Liang, W., Qiao, X., & Zhou, Q. (2018). Overview of Preparation Methods for High Performance Composite Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 394, 022058. doi:10.1088/1757-899x/394/2/022058